

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-014964

(43)Date of publication of application : 15.01.2003

(51)Int.Cl.

G02B 6/122  
H01L 31/0232  
H01L 33/00  
H01S 5/022

(21)Application number : 2002-034169

(71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 12.02.2002

(72)Inventor : YASUDA SHIGERU  
TERAKAWA YUKARI  
HOSOKAWA HAYAMI

(30)Priority

Priority number : 2001124960

Priority date : 23.04.2001

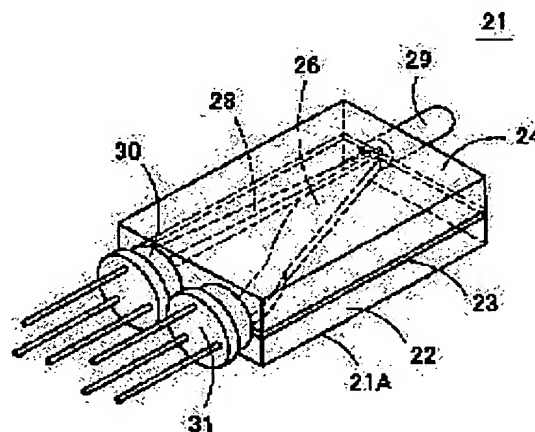
Priority country : JP

## (54) OPTICAL ELEMENT AND LIGHT TRANCEIVER AND OTHER OPTICAL DEVICE USING THE OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wave guide circuit having new structure and to prevent the interference between different light guides in the optical wave guide circuit without lowering the light utilization efficiency by simplifying the structure of the optical wave guide circuit and simplifying the manufacturing process of the circuit with the structure.

SOLUTION: In this optical element, a light guide for reception 26 is formed by filling a core material in the groove 25 provided on the upper surface of a reception-side substrate 22 and a light guide for transmission 28 is formed by filling a core material in the groove 27 provided on the under surface of a transmission-side substrate 24. Then, the reception-side substrate 22 and the transmission-side substrate 24 are joined across a clad layer 23 so that the light guide for reception 26 and the light guide for transmission 28 are optically separated with each other.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-14964

(P2003-14964A)

(43) 公開日 平成15年1月15日 (2003.1.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B 6/122		H 0 1 L 33/00	M 2 H 0 4 7
H 0 1 L 31/0232		H 0 1 S 5/022	5 F 0 4 1'
33/00		G 0 2 B 6/12	D 5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/022			B 5 F 0 8 8
		H 0 1 L 31/02	C
		審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 23 頁)	

(21) 出願番号 特願2002-34169 (P2002-34169)

(22) 出願日 平成14年2月12日 (2002.2.12)

(31) 優先権主張番号 特願2001-124960 (P2001-124960)

(32) 優先日 平成13年4月23日 (2001.4.23)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
801番地

(72) 発明者 安田 成留

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不  
動堂町801番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 寺川 裕佳里

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不  
動堂町801番地 オムロン株式会社内

(74) 代理人 100094019

弁理士 中野 雅房

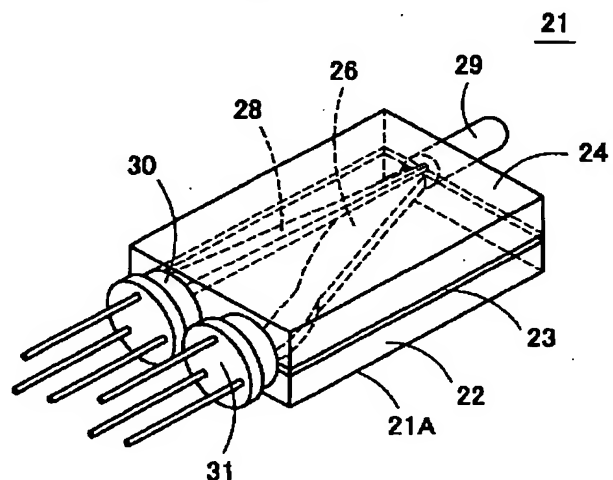
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子及び当該光学素子を用いた光トランシーバその他の光学装置

(57) 【要約】

【課題】 新規な構造を有する光導波回路を提供する。  
また、それによって光導波回路の構造を簡略化して製造  
工程を簡略にし、光利用効率を低下させることなく光導  
波回路における異なる導光路間の干渉を防止する。

【解決手段】 受信側基板22の上面に設けた溝25に  
コア材料を充填して受信用導光路26を形成する。送信  
側基板24の下面に設けた溝27にコア材料を充填して  
送信用導光路28を形成する。受信用導光路26と送信  
用導光路28が互いに光学的に分離されるようクラッド  
層23を挟んで受信側基板22と送信側基板24を接合  
する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 第1の基板に第1の導光部が形成され、第2の基板に第2の導光部が形成され、前記第1の導光部と前記第2の導光部が互いに光学的に分離された状態で前記第1の基板と第2の基板とが積層一体化され、前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられていることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記第1の基板の一方主面と前記第2の基板の一方主面との間に分離層を挟み込むことにより、前記第1の導光部と前記第2の導光部を互いに光学的に分離させていることを特徴とする、請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】 前記分離層は空気層であることを特徴とする、請求項2に記載の光学素子。

【請求項4】 第1の基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第1の導光部が形成され、第2の基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第2の導光部が形成されていることを特徴とする、請求項1に記載の光学素子。

【請求項5】 前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられている光ファイバ結合端面において、第1の導光部又は第2の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸と、光ファイバの、前記基板に垂直な方向の中心軸とがほぼ一致していることを特徴とする、請求項1に記載の光学素子。

【請求項6】 前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられている光ファイバ結合端面において、第1の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸と、第2の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸とがほぼ一致していることを特徴とする、請求項5に記載の光学素子。

【請求項7】 前記第1の導光部は送信用導光部であり、前記第2の導光部は受信用導光部であることを特徴とする、請求項1に記載の光学素子。

【請求項8】 前記受信用導光部又は前記送信用導光部の少なくとも一部に、空気をクラッド層とする領域を設けたことを特徴とする、請求項7に記載の光学素子。

【請求項9】 光束断面の短軸方向が、前記第1の基板と前記第2の基板との接合面に垂直な方向を向くようにして、前記送信用導光部の投光素子結合端面に光を結合させたことを特徴とする、請求項7に記載の光学素子。

【請求項10】 基板に設けた溝の内部に第1の導光部が形成され、前記基板の表面に第2の導光部が積層されたことを特徴とする光学素子。

【請求項11】 前記第2の導光部はプリズムによって構成されていることを特徴とする、請求項10に記載の光学素子。

【請求項12】 第1の基板に送信用導光部が形成さ

れ、第2の基板に前記送信用導光部よりも屈折率の小さな受信用導光部が形成され、少なくとも前記送信用導光部の端部と前記受信用導光部の端部とが接触するようにして前記第1の導光部と前記第2の導光部が互いに積層一体化されていることを特徴とする光学素子。

【請求項13】 基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第1の導光部が形成され、当該基板の他方主面に設けた溝にコア材料を充填して第2の導光部が形成され、第1の導光部の端部と第2の導光部の端部とが当該基板に垂直な方向で対向させられていることを特徴とする光学素子。

【請求項14】 請求項1ないし13に記載した光学素子と、前記第1の導光部の端面に対向させて配置された投光素子と、前記第2の導光部の端面に対向させて配置された受光素子とを備えたことを特徴とする光トランシーバ。

【請求項15】 前記第1の導光部の端部と前記第2の端部とが基板垂直方向で対向させられた請求項1ないし13に記載の光学素子を備え、前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部が重ね合わせられた箇所に対向させて前記光学素子に光ファイバを接続させたことを特徴とするコネクタ。

【請求項16】 前記第1の導光部の端部と前記第2の端部とが基板垂直方向で対向させられた請求項1ないし13に記載の光学素子を備え、前記送信用導光部の端部と前記受信用導光部の端部が重ね合わせられた箇所に対向させて前記光学素子に第1の光ファイバを接続され、前記送信用導波路の他方端部に対向させて第2の光ファイバを接続され、前記受信用導波路の他方端部に対向させて第3の光ファイバを接続され、少なくとも前記光学素子を封止した被覆部に2芯接続コードとの接続部を設けたことを特徴とする2芯／1芯変換アダプタ。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光学素子及び当該光学素子を用いた光トランシーバその他の光学装置に関する。例えば、双方向に光信号を送受信することができる光トランシーバや2芯／1芯変換器などの光学装置とそれに用いられる光導波用の光学素子に関する。

**【0002】**

【背景技術】近年、高速、大容量の通信網や通信制御機器等の発達により光ファイバによる通信が主流となっており、例えば各家庭に設置された情報家電等の端末にも光ファイバによりインターネット等の通信網を接続して信号の送受信を行う必要がある。また、家庭に設置されているパソコンとテレビ、DVD、ゲーム機などを相互に接続する場合にも光ファイバが用いられつつある。そのため、情報家電等にも用いることができるような、安価で、小型で、効率の良好な光トランシーバが必

要とされる。

【0003】このような光トランシーバとしては、例えば特開昭58-149008号公報に開示されたものがある。図1はこの光トランシーバに用いられる光学素子1Aの構造を示す斜視図である。この光学素子1Aにあっては、Y字形をした溝を形成された2枚の成形板2を重ね合わせることによって両成形板の内部にY形をした空洞3を形成し、この空洞3内に透明樹脂を流し込むことによって導光部4を形成している。

【0004】この光学素子1Aを光トランシーバ1として用いる場合には、図2に示すように、導光部4の分岐側の端面に対向させて投光素子5と受光素子6を配置し、導光部4の反対側の端面に光ファイバ7の端面に対向させる。そして、図2に実線の矢印で示すように、投光素子5から光信号Aを出射させると、投光素子5から出射された光信号Aは導光部4の端面から導光部4内に進入し、導光部4の他端から光ファイバ7内に入射する。一方、光ファイバ7内を伝播してきた光信号Bが光ファイバ7の端面から出射されると、図2に破線の矢印で示すように、光ファイバ7から出射された光信号Bは導光部4の端面から導光部4内に進入し、導光部4の他端で受光素子6に受光される。

【0005】しかしながら、このような構造の導光部4では送信用の導光部と受信用の導光部とが重なりあっているため、投光素子5から送り出された光信号Aが導光部4の端面で反射し、反射して戻ってくる光信号a1が受光素子6に入射してクロストークが発生する。また、投光素子5から出射され導光部4内を伝播して導光部4の他端から出射された光信号Aが光ファイバ7の端面で反射されると、反射した光信号a2は導光部4内に戻って受光素子6に入射し、やはりクロストークが発生する。この場合、一定以上の伝送距離になると、本来の受光信号の受光量とクロストーク量との区別がつかず、双方向通信ができなくなる。

【0006】さらに、このような構造の光学素子1A又は光トランシーバ1では、成形板2間の空洞3に透明樹脂を流し込んで導光部4を形成しているが、成形板2に成形されている溝どうしを精度よく合わせるのが困難であり、また空洞の径が微細になると透明樹脂を流し込むのも困難になり、精度良く製造することが難しかった。

【0007】また、クロストークを防止するものとしては、特開2000-162455に開示されたものがある。この光トランシーバ8では、図3に示すように、シリコン基板9の表面に送信用導光部10と受信用導光部11を設け、クロストーク防止のため両導光部10、11の間に溝（空隙）12を形成している。

【0008】しかし、このような構造の光トランシーバ8では、半導体製造プロセスを用いてシリコン基板の上

ので、製造工程が複雑となり、コストが高つく。また、両導光部10、11の厚みを大きくすることが困難であるので、光ファイバ13の端面に対向させて面積を大きくとることができず、光利用効率が悪かった。

【0009】

【発明の開示】本発明の目的とするところは、新規な構造を有する光学素子とその光学素子を用いた光トランシーバその他の光学装置を提供することにある。また、それによって光導波用の光学素子の構造を簡略化して製造工程を簡略にし、光利用効率を低下させることなく光学素子における異なる導光部間の干渉を防止することを目的とする。

【0010】本発明にかかる光学素子は、第1の基板に第1の導光部が形成され、第2の基板に第2の導光部が形成され、前記第1の導光部と前記第2の導光部が互いに光学的に分離された状態で前記第1の基板と第2の基板とが積層一体化され、前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向に対向させられていることを特徴としている。

【0011】この光学素子においては、第1の導光部と第2の導光部を結合させることなく光学的に分離させたまま第1の基板と第2の基板を積層一体化した積層構造を有しているので、構造を簡略化できる。よって、この光学素子においては、単純な積層構造によって製造工程が簡略化され、コストも安価になる。

【0012】また、この光学素子においては、第1の導光部の端部と第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向に対向させられているので、第1及び第2の導光部の端面の面積を光ファイバ径に対して充分な大きさにすることが可能であり、光利用効率を高くして長距離伝送を可能にすることができる。しかも、第1の基板と第2の基板は、第1の導光部と第2の導光部が互いに光学的に分離された状態で積層一体化されているので、第1の導光部と第2の導光部の干渉を効果的に防止することができる。

【0013】なお、この光学素子においては、第1の導光部と第2の導光部からなる導光部の対を複数組設けてあってもよい。その場合、一方の基板には第1の導光部ばかりを設け、他方の基板には第2の導光部ばかりを設けていてもよく、両基板にそれぞれ第1の導光部と第2の導光部とを混在させてあってもよい。

【0014】本発明にかかる光学素子の実施態様においては、前記第1の基板の一方主面と前記第2の基板の一方主面との間に分離層を挟み込むことにより、前記第1の導光部と前記第2の導光部を互いに光学的に分離させているので、第1の基板と第2の基板を積層する際、その間に分離層を挟み込むだけで簡単に第1の導光部と第2の導光部を光学的に分離独立させることができ、両導光部の干渉を防止することができる。しかも、このような分離層は、極めて薄い薄膜状態で形成することが可能

であるので、光利用効率を犠牲にすることなく両導光部の干渉を防止することができる。ここで、分離層としては、コア材料よりも低屈折率のクラッド層、光反射層、空気層などを用いることができる。また、分離層は、複数層によって構成されていてもよい。特に分離層として空気層を用いることにより、第1又は第2の導光部と分離層との屈折率差を大きくすることができるので、第1又は第2の導光部に光を閉じ込める効果をより高くできる。

【0015】本発明にかかる光学素子の別な実施態様においては、第1の基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第1の導光部が形成され、第2の基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第2の導光部が形成されているので、溝を有する第1及び第2の基板を射出成形等の樹脂成形法によって成形し、第1及び第2の基板の溝にコア材料を充填させて第1の導光部と第2の導光部を形成することができ、第1及び第2の導光部を簡単に量産することができる。よって、この光学素子においては、単純な積層構造によって製造することができ、製造工程が簡略化され、コストも安価になる。

【0016】本発明にかかる光学素子の別な実施態様においては、前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられている光ファイバ結合端面において、第1の導光部又は第2の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸と、光ファイバの、前記基板に垂直な方向の中心軸とがほぼ一致させられている。第1又は第2の導光部のうち幅の広い側の導光部の幅が光ファイバの直径に比べて大きい場合には、光ファイバの中心軸を第1又は第2の導光部のうち幅の狭い側の導光部の中心軸に合わせるだけで光ファイバと幅の広い側との導光部とを小さなバラツキで接続させることができ、光ファイバの接続作業を容易にすることができる。

【0017】本発明にかかる光学素子のさらに別な実施態様においては、前記第1の導光部の端部と前記第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられている光ファイバ結合端面において、第1の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸と、第2の導光部の、前記基板に垂直な方向の中心軸とがほぼ一致させられているので、光ファイバの接続位置のばらつきに対する許容度が高くなり、光学素子と光ファイバとの接続作業を行ない易くなる。

【0018】本発明にかかる光学素子のさらに別な実施態様においては、前記第1の導光部は送信用導光部であり、前記第2の導光部は受信用導光部となっているので、第1の導光部と第2の導光部の他端に投光素子と受光素子を結合させることによって光トランシーバ等として使用することができる。また、この光学素子では、第1の導光部である送信用導光部と第2の導光部である受信用導光部とが光学的に分離されているので、送信用導

波路の光信号が受信用導波路へ漏れる恐れがなく、送信用導光部と受信用導光部の間におけるクロストークを防止することができる。

【0019】本発明にかかるさらに別な実施形態による光学素子は、前記受信用導光部又は前記送信用導光部の少なくとも一部に、空気をクラッド層とする領域を設けているので、この領域では全反射によって導光部内を伝搬する光を大きな角度で曲げることが可能になり、設計の自由度が高くなるために光学素子の小型化を図ることができる。

【0020】本発明にかかるさらに別な実施形態による光学素子は、光束断面の短軸方向が、前記第1の基板と前記第2の基板との接合面に垂直な方向を向くようにして、前記送信用導光部の投光素子結合端面に光を結合させているので、光ファイバとの結合側において送信用導波路から出射されて光ファイバの端面で反射した光が受信用導波路に入りにくくなり、クロストークの抑制効果がより高くなる。

【0021】本発明にかかるさらに別な実施形態による光学素子は、基板に設けた溝の内部に第1の導光部が形成され、前記基板の表面に第2の導光部が積層されているので、第2の導光部の外周面のうち、前記基板に対向している面以外の外周面は空気をクラッドとしており、第2の導光部を伝搬する光を界面で全反射させて第2の導光部内に閉じ込める効果が高くなる。特に、第2の導光部が大きな曲率で曲がっている場合でも、光が第2の導光部から漏れにくくなる。

【0022】本発明にかかるさらに別な実施形態による光学素子は、前記第2の導光部をプリズムによって構成されているので、プリズムによって第2の導光部内を伝搬する光の方向を大きく曲げることが可能になる。よって、この光学素子をトランシーバ等として用いる場合には、投光素子と受光素子を配置位置を離すことができ、互いに干渉する恐れが無くなるので、投受光素子の配置が容易になる。

【0023】本発明にかかる別な光学素子は、第1の基板に送信用導光部が形成され、第2の基板に前記送信用導光部よりも屈折率の小さな受信用導光部が形成され、少なくとも前記送信用導光部の端部と前記受信用導光部の端部とが接触するようにして前記第1の導光部と前記第2の導光部が互いに積層一体化されていることを特徴としている。

【0024】この光学素子では、送信用導光部と受信用導光部が接触しているが、送信用導光部の屈折率が受信用導光部の屈折率よりも大きくなっているため、受信用導光部から送信用導光部へ受信信号が漏れる恐れはあるが、送信用導光部から受信用導光部へ送信信号が漏れるのは防止することができる。従って、送信用導光部の送信信号が受信用導光部へ漏れてクロストークが起きるのを防止することができる。また、受信信号が送信用導光

部へ漏れるのは、受信信号の減衰になって効率が低下するが、この場合にはクロストークの問題は起きない。

【0025】本発明にかかるさらに別な光学素子は、基板の一方主面に設けた溝にコア材料を充填して第1の導光部が形成され、当該基板の他方主面に設けた溝にコア材料を充填して第2の導光部が形成され、第1の導光部の端部と第2の導光部の端部とが当該基板に垂直な方向で対向させられていることを特徴としている。

【0026】この光学素子においては、一枚の基板の表裏に第1の導光部と第2の導光部を形成しているので、構造を簡略化できる。よって、この光学素子においては、単純な積層構造によって製造工程が簡略化され、コストも安価になる。

【0027】また、この光学素子においては、第1の導光部の端部と第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられているので、第1及び第2の導光部の端面の面積を光ファイバ径に対して充分な大きさにすることが可能であり、光利用効率を高くして長距離伝送を可能にすることができる。しかも、第1の基板と第2の基板は、第1の導光部と第2の導光部が互いに光学的に分離された状態で積層一体化されているので、第1の導光部と第2の導光部の干渉を効果的に防止することができる。

【0028】なお、この光学素子においては、第1の導光部と第2の導光部からなる導光部の対を複数組設けてあってもよい。その場合、一方の主面には第1の導光部ばかりを設け、他方の主面には第2の導光部ばかりを設けていてもよく、両主面にそれぞれ第1の導光部と第2の導光部とを混在させてあってもよい。

【0029】本発明の光トランシーバは、本発明にかかる光学素子と、前記第1の導光部の端面に対向させて配置された投光素子と、前記第2の導光部の端面に対向させて配置された受光素子とを備えたことを特徴としている。

【0030】本発明の光トランシーバによれば、本発明の光学素子を利用しているので、単純な積層構造によって製造工程が簡略化され、コストも安価になる。また、この光トランシーバにおいては、第1の導光部の端部と第2の導光部の端部とが第1又は第2の基板に垂直な方向で対向させられているので、第1及び第2の導光部の端面の面積を光ファイバ径に対して充分な大きさにすることが可能であり、光利用効率を高くして長距離伝送を可能にすることができる。しかも、第1の基板と第2の基板は、第1の導光部と第2の導光部が互いに光学的に分離された状態で積層一体化されているので、第1の導光部と第2の導光部の干渉を効果的に防止することができる。

【0031】本発明のコネクタは、第1の導光部の端部と第2の端部とが基板垂直方向で対向させられた本発明の光学素子を備え、前記第1の導光部の端部と前記第2

の導光部の端部が重ね合わせられた箇所に対向させて前記光学素子に光ファイバを接続させたことを特徴としている。

【0032】本発明のコネクタによれば、送信用導光路と受信用導光路の他端を光トランシーバ等のコネクタと接続し、その送信信号と受信信号とを1芯の光ファイバにより伝送することができる。

【0033】本発明の2芯/1芯変換アダプタは、第1の導光部の端部と第2の端部とが基板垂直方向で対向させられた本発明の光学素子を備え、前記送信用導光路の端部と前記受信用導光路の端部が重ね合わせられた箇所に対向させて前記光学素子に第1の光ファイバを接続され、前記送信用導光路の他方端部に対向させて第2の光ファイバを接続され、前記受信用導光路の他方端部に対向させて第3の光ファイバを接続され、少なくとも前記光学素子を封止した被覆部に2芯接続コードとの接続部を設けたことを特徴としている。

【0034】本発明の2芯/1芯変換アダプタによれば、第2及び第3の光ファイバを2芯コードに接続すると共に第1の光ファイバを1芯コードに接続して2芯コードと1芯コードとを接続でき、2芯コードを1芯コードに変換することができる。

【0035】しかして、上記の光トランシーバやコネクタ、2芯/1芯変換アダプタにより、1芯の光ファイバにより送受双方向の光を伝送できるようになれば、光ファイバコストを安価にすることができると共に光ファイバの高さを小さくして取り扱いを容易にできる。

【0036】なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り組み合わせることができる。

【0037】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図4は本発明の一実施形態による光トランシーバ21の使用状態を示す斜視図、図5は光トランシーバ21に用いられている光学素子21Aの分解斜視図である。この光学素子21Aは、受信側基板22、クラッド層（分離層）23、送信側基板24からなり、クラッド層23を挟んで上下から受信側基板22及び送信側基板24が接合一体化されている。

【0038】受信側基板22は、透明な樹脂（例えばPMMA；屈折率1.49）によって形成された基板22Aと受信用導光部（コア）26からなる。基板22Aの上面には両側縁が直線と曲線によって構成された溝25が設けられ、その溝25内には基板材料である透明樹脂よりも屈折率の高い透明樹脂（コア材料；屈折率1.6）を充填して受信用導光部26が形成されている。また、送信側基板24も、透明な樹脂（例えばPMMA；屈折率1.49）によって形成された基板24Aと送信用導光部（コア）28からなる。基板24Aの下面にはテーパ状の溝27が設けられ、その溝27内には基板材料である透明樹脂よりも屈折率の高い透明樹脂（コア



材料；屈折率1.6）を充填して送信用導光部28が形成されている。クラッド層23は、紫外線硬化樹脂等によって形成された薄膜（屈折率1.36）であり、受信用導光部26及び送信用導光部28の屈折率よりも小さな屈折率を有している。クラッド層23はできるだけ薄くしておくことが望ましい。屈折率の関係は、数値で例示したように、受信用導光部26及び送信用導光部28の屈折率がもっとも大きく、受信側基板22及び送信側基板24の屈折率はそれよりも小さく、クラッド層23の屈折率はもっとも小さくなっている。

【0039】受信側基板22、クラッド層23、送信側基板24は、受信側基板22と送信側基板24をクラッド層23で接着することによって積層一体化されており、受信用導光部26及び送信用導光部28がクラッド層23で覆われている。図4に示したように、光学素子21Aの一方端面に投光素子30及び受光素子31が配設されて光トランシーバ21が構成される。また、光学素子21Aの他方端面には、光ファイバ29が接続される。例えば、情報家電等の機器に用いられる場合には、投光素子30、受光素子31及び光学素子21Aは予め情報家電等の機器の内部に取り付けられており、情報家電等の機器のコネクタに光ファイバ29を接続すると、光ファイバ29が光トランシーバ21の光ファイバ結合側の端面に結合される。

【0040】光トランシーバ21の光ファイバ結合側端面においては、図6（b）に示すように、送信用導光部28の端面と受信用導光部26の端面とがクラッド層23を挟んで上下に対向している。光ファイバ結合側の端面においては、送信用導光部28の端面寸法は光ファイバ29の端面寸法（コア径）よりも面積が小さく、光ファイバ29の端面内に納まるように配置されているので、送信用導光部28から出射された光は高い効率で光ファイバ29に入射される。また、クラッド層23よりも下の領域においては、受信用導光部26の端面寸法は光ファイバ29の端面寸法よりも大きくなっており、光ファイバ29の端面はすべて受信用導光部26の端面内に納まるようになっているので、光ファイバ29から出射された光は高い効率で受信用導光部26内に取り込まれる。

【0041】送信用導光部28は直線状をしており、受信用導光部26は湾曲しているため、投光素子30及び受光素子31が配置される側の端面（以下、投受光側端面という。）では、受信用導光部26の端面と送信用導光部28の端面とは左右に分かれている。図6（a）に示すように、送信用導光部28の端面には投光素子30が対向しており、受信用導光部26の端面には受光素子31が対向している。送信用導光部28はテーパ状をしていて、周囲は送信用導光部28よりも低屈折率の送信側基板24及びクラッド層23によって囲まれている。送信用導光部28は、光ファイバ結合側端面におけ

る端面面積よりも投受光側端面における端面面積の方が大きくなっており、投光素子30から出射した光を広い面積で捕らえて光ファイバ結合側端面へ伝え、できるだけロスのないように小さい面積から光を出射させて光ファイバ29のコアに入射させるようにしている。その結果、送信用導光部28は光利用効率が100%となっている。また、受信用導光部26は、周囲を受信用導光部26よりも低屈折率の受信側基板22及びクラッド層23によって囲まれており、光ファイバ結合側端面で大きな端面寸法を持ち、投受光側端面では小さな端面寸法となっており、光ファイバから出射された光を効率的に捕らえて受光素子31へ導く。その結果、受信用導光部26は光利用効率が100%となっている。

【0042】しかして、この光トランシーバ21にあつては、受信側基板22と送信側基板24の間はクラッド層23によって分離されているので、受信側基板22を伝播する光と送信側基板24を伝わる光との干渉が無い。又、光ファイバ側結合端面においても、受信側基板22と送信側基板24はクラッド層23で仕切られているので、送信用導光部28から出射された光が光ファイバ29の端面で反射されても受信用導光部26に入射しにくく、受信用導光部26と送信用導光部28との間でのクロストークを防止することができる。

【0043】また、この光トランシーバ21では、図7（a）に示すように、光ファイバ側結合端面においては、受信用導光部26の中心軸c1と送信用導光部28の中心軸c2とは一致している。このため、光ファイバ29の接続位置（中心軸）が、図7（a）に実線で示すコア標準位置（c1、c2）から外れて図7（a）に1点鎖線や2点鎖線で示す位置にずれても、光ファイバ29と送信用導光部28の重なり面積や光ファイバ29と受信用導光部26の重なり面積は変わらない。よって、このような構造によれば、光ファイバ29の結合位置のばらつきに対する許容度が大きくなり、光ファイバ29の結合位置のばらつきに強くなる。

【0044】これに対し、図7（b）に示すように、送信用導光部28の中心軸c2と受信用導光部26の中心軸c1とがずれていると、図7（b）に実線、1点鎖線、2点鎖線に示すように光ファイバ29の結合位置がずれると、それによって光ファイバ29と送信用導光部28の重なり面積や光ファイバ29と受信用導光部26の重なり面積が変化する。よって、光ファイバ29の結合位置のばらつきに対して敏感になり、光ファイバ接続時の位置精度が厳しくなる。このような状況は、本発明のような積層型よりもむしろ、図7（c）のような埋込み型の場合に不可避免的に起きる。埋込み型では、基板41に溝42を掘って送信用導光部43を埋め込んだり、溝44を掘って受信用導光部45を埋め込んだりするとき、送信用導光部43が光ファイバ29より小さく、受信用導光部45が光ファイバ29より大きいと、送信用



導光部43と受信用導光部45の中心軸を合わせることができないので、光ファイバ29が左右にばらつくと光トランシーバの特性がばらつく。本発明のように積層構造にすれば、受信用導光部26の中心軸c1と送信用導光部28の中心軸c2を合わせることが可能になり、光ファイバ29の位置のばらつきに強くなる。

【0045】図7(a)のように受信用導光部26の光入射面の中心軸c1と、送信用導光部28の出射端面の中心軸c2と、光ファイバ29の端面の中心軸を一致させるようにすれば、光ファイバ29の端面位置が左右のいずれにずれても光学素子と光ファイバ29との間における光結合効率がばらつきにくい、あまり条件が厳しいと製造工程における管理も厳しくなる。一方、図8に示すように、受信用導光部26の光入射面の幅が光ファイバ29の直径に比べて十分に広い場合には、送信用導光部28の中心軸c2と光ファイバ29の中心軸c3とがほぼ一致してさえいれば、光ファイバ29の中心軸c3が受信用導光部26の光入射面の中心軸c1から外れていても問題がない。従って、例えば後述の図30の光学素子116のように受信用導光部26の光入射面が基板のほぼ全幅にわたっているような場合には、送信用導光部28の出射端面における中心軸c2と光ファイバ29の端面における中心軸c3とを一致させておけばよく、受信用導光部26の中心軸c1にはあまり注意を払う必要が無く、それによって製造上の管理条件を緩和することができる。また、これによって光ファイバ29及び送信用導光部28の位置が、受信用導光部26の中心に限定されなくなり、光ファイバ29及び送信用導光部28の位置を受光素子31に対応する位置に合わせ易くなる。

【0046】図9は上記光学素子21Aの製造方法を説明する概略図である。まず、図9(a)に示すように、PMMAのような透明樹脂(屈折率1.49)により射出成形で送信側基板24を成形する。このとき送信側基板24の一方主面には、テーパ状をした溝27が成形される。ついで、図9(b)のように、この溝27内に屈折率の大きな紫外線硬化樹脂(屈折率1.6)を充填し、紫外線を照射して硬化させ、送信用導光部28を形成する。また、図9(c)に示すように、PMMAのような透明樹脂(屈折率1.49)により射出成形で受信側基板22を成形する。このとき受信側基板22の一方主面には溝25が成形される。ついで、図9(d)のように、この溝25内に屈折率の大きな紫外線硬化樹脂(屈折率1.6)を充填し、紫外線を照射して硬化させ、受信用導光部26を形成する。

【0047】この後、図9(e)に示すように、受信側基板22の上面にスピンコートによって紫外線硬化樹脂(屈折率1.36)を均一に塗布して受信側基板22の表面にクラッド層23を形成し、送信用導光部28の設けられている面を下にして送信側基板24をクラッド層

23の上に重ね合わせ、紫外線を照射してクラッド層23を硬化させると共に図9(f)のようにクラッド層23によって受信側基板22と送信側基板24を接合一体化させる。従って、このような積層型の光学素子21Aによれば、製造工程を簡略化することができる。

【0048】なお、図4では投光素子30及び受光素子31としてディスクリート部品(例えば、キャンタイプ)の素子を示したが、投光素子30や受光素子31としては、図10に示す光トランシーバ51のようにチップタイプの投光素子30や受光素子31を用いて、光学素子21Aの端面に接着して一体化してもよい。また、この実施形態では、受信側基板22と送信側基板24の間に低屈折率のクラッド層23を設けることによってクロストークを防止したが、クラッド層23に代えて金属薄膜、多重反射膜などの光反射層を分離層として用いてもよい。

【0049】(第2の実施形態)図11は本発明の別な実施形態による光トランシーバ52を示す斜視図であって、光学素子21Aの投受光側端面の送信用導光部28と対応する位置には、互いに異なる発光波長を有する複数の投光素子30a、30bを取り付けてあり、投光素子30a、30bと送信用導光部28の端面との間にレンズ32を挿入している。従って、いずれかの投光素子30a、30bを発光させると、その波長の光信号がレンズ32で集光されて送信用導光部28の端面から送信用導光部28内に入射させられる。また、光学素子21Aの投受光側端面の受信用導光部26には、受光感度波長領域が異なる複数の受光素子31a、31bを取り付けてあり、光ファイバ29から受信した光信号を波長領域毎に異なる受光素子31a、31bで受光できるようにしている。

【0050】(第3の実施形態)図12は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ53を示す断面図であって、受光素子31を端面でなく、光学素子21Aの上面に取り付けたものである。すなわち、この光トランシーバ53では、受信用導光部26の端部において、受信側基板22の下面に三角形の凹部を切入して略45度の角度の全反射面33を形成し、全反射面33と対向させて受信用導光部26とクラッド層23の境界にレンズ部34を設け、さらに光学素子21Aの上面に受光素子31を固定している。なお、35は受光素子31を位置決めするための突起である。

【0051】しかして、受信した光信号が受信用導光部26内を伝播してくると、この光は全反射面33によって上方へ向けて全反射され、レンズ部34で集光されて受光素子31により受光される。なお、ここでは受光素子31を光学素子21Aの表面に取り付けたが、同様な構造により光学素子21Aの裏面に投光素子30を取り付けることも可能である。

【0052】(第4の実施形態)図13(a)(b)は

本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ54を示す斜視図及び水平断面図である。この光トランシーバ54にあつては、送信用導光部28を形成された送信側基板24の上にクラッド層23を介して直角三角形形状の受信側基板22を重ねた光学素子を用いている。受信側基板22においては、基板22A内にL状に屈曲した受信用導光部26を形成してあり、受信用導光部26の屈曲部分は、空気（空気クラッド）との界面によって形成された全反射面55となっている。送信用導光部28の入射端面に対向する位置には投光素子30を設け、受信用導光部26の光出射面に対向する位置には受光素子31を設けて光トランシーバ54が構成されており、クラッド層23を介して積層されている送信用導光部28の出射端面と受信用導光部26の光入射面には光ファイバ29の端面が対向させられている。

【0053】しかし、この光トランシーバ54にあつては、光ファイバ29から受信した光は、受信用導光部26内を伝播し、全反射面55で全反射されて受信用導光部26内を横方向に進み、受光素子31で受光される。

【0054】図4のような構造では、投光素子30と受光素子31の距離を離すためには、ある程度光学素子21Aの長さが必要となり、光トランシーバ21の小型化が困難である。しかし、この光トランシーバ54のような構造によれば、空気クラッドによる全反射面55で受信用導光部26を略直角に曲げることで容易に投光素子30と受光素子31を離すことができ、光トランシーバ54の小型化を図ることができる。

【0055】樹脂どうしの界面における屈折率差だけでは、このように大きな角度で光の進行方向を変えることはできないが、この実施形態のように空気（クラッド）と樹脂との界面においては、屈折率差を大きくできるので、大きな角度で光の進行方向を変えることが可能になる。また、このような積層型の光トランシーバ54によれば、送信側基板24の一部にしか他の基板が存在しないので、空気クラッドを得るために他の基板等をエッチング加工したりする必要がなく、基板22Aの形状等を変えるだけで済む。よって、積層型の光トランシーバ54では、容易に空気クラッドを利用することができ、非常に簡略化された構成で小型化を図ることができる。

【0056】（第5の実施形態）図14は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ56を示す平面図である。この光トランシーバ56に用いられている光学素子は、クラッド層23を介して送信側基板24の上に三角プリズムからなる受信側基板22を重ね、受信側基板22の全体を受信用導光部（コア）26とした（すなわち、基板22Aが存在しない。）ものである。また、受信側基板22の傾斜した辺は空気クラッドと接した全反射面55となっている。

【0057】（第6の実施形態）図15は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ57を示す平面図である。この光トランシーバ57に用いられている光学素子では、クラッド層23を介して送信側基板24の上に三角プリズム状の受信側基板22を重ね、受信側基板22の全体を受信用導光部26としている。さらに、受信側基板22の傾斜した辺は空気クラッドと接した全反射面55となっており、全反射面55の一部に凹面鏡状に湾曲した集光部58を設けている。しかし、受信した光を全反射面55に設けた集光部58で反射させて光の進む方向を略90度変化させると共に受光素子31に集光させるようにしている。

【0058】（第7の実施形態）図16は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ59を示す平面図である。この光トランシーバ59に用いられている光学素子では、クラッド層23を介して送信側基板24の上に三角プリズムからなる受信側基板22を重ね、受信側基板22の全体を受信用導光部26としている。また、受信側基板22の傾斜した辺は空気クラッドと接した全反射面55となっている。さらに、受信側基板22の受光素子31と対向する箇所には、受信側基板22に空洞を開口することによって導波路レンズ60を設けている。しかし、受信した光を全反射面55で反射させて光の進む方向を略90度変化させた後、導波路レンズ60で光を集光させて受光素子31に入射させている。

【0059】（第8の実施形態）図17は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ61を示す平面図である。この光トランシーバ61に用いられている光学素子では、受信側基板22に直角三角形形状の空洞62を明けることによって空気クラッドを形成しており、空洞（空気クラッド）62と接した全反射面55で光を略90度曲げて受光素子31に入射させるようにしている。

【0060】（第9の実施形態）図18は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ63を示す平面図である。この光トランシーバ63に用いられる光学素子は、クラッド層23を介して送信側基板24の上にL字状に屈曲した受信側基板22を重ね、受信側基板22の全体を受信用導光部26としたものである。また、受信側基板22の両側面は空気クラッドと接した全反射面55となっている。しかし、光ファイバ29から受信側基板22内に入射した光は、受信側基板22の両側面で全反射を繰り返しながら進み、受信側基板22の傾斜した辺で進む方向を90度曲げられた後、受光素子31に入射する。

【0061】（第10の実施形態）図19は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ64を示す平面図である。この光トランシーバ64に用いられている光学素子は、受信側基板22に空洞65、66を開口することによって図18の実施形態における受信側基板22と同様な形状の受信用導光部26を形成したものであ

る。

【0062】（第11の実施形態）図20（b）は投光素子30として半導体レーザー（LD）チップを用いた様子を概略的に表している。半導体レーザーを用いる場合には、その実装形態の関係から、通常はp-n接合面が回路基板と平行となるように表面実装される。しかし、p-n接合面を水平にすると、半導体レーザーから出射されるレーザー光は縦に長い楕円断面の光となる。このような縦に長い断面の光を図20（b）のように水平に置かれた光学素子21Aの送信用導光部28に入射させると、光ファイバ側結合端面から出射される光も縦に広がった光となるので、この光が光ファイバ29の端面で反射したとき、受信用導光部26内へ戻りやすくなり、クロストークが発生する。

【0063】そのため半導体レーザーのように断面が一方に広がった光を出射する投光素子30を用いる場合には、図20（a）に示すように、投光素子30から出射される光の短軸方向が光学素子21Aの積層方向と平行となるようにするのが望ましい。例えば、投光素子30として半導体レーザーを用いる場合には、半導体レーザーのp-n接合面が光学素子21Aのクラッド層23と直交するように投光素子30を相対的に回転させておくのが望ましい。

【0064】しかし、投光素子30を図20（a）のように縦にすれば、投光素子30の実装が困難になる。また、図4中に示されている光学素子21Aを用いて、投光素子30を横にして光学素子21Aを縦にすると、受光素子31を実装しづらくなる。そこで、図21に示す実施形態では、一方が厚みの薄い基板部分71で他方が厚みの大きな基板部分72となった回路基板70を用意し、厚みの薄い基板部分71に受光素子31を表面実装し、厚みの大きな基板部分72にp-n接合面を水平にして投光素子30を実装する。そして、受信用導光部26の端面と送信用導光部28の端面が直交した面にあるような光学素子69（例えば、図13に示した光トランシーバ54等に用いられているような光学素子）を用意し、光学素子69を縦に立てて受信用導光部26の端面を受光素子31に対向させ、送信用導光部28の端面を投光素子30に対向させている。このような形態によれば、投光素子30から出た光の短軸方向を光学素子69の積層方向と平行にでき、しかも投光素子30及び受光素子31を納まりよく実装することができる。

【0065】（第12の実施形態）図22は本発明のさらに別な実施形態にかかる光トランシーバ73を模式的に表現した図である。この実施形態もクロストークを低減させるようにしたものである。すなわち、この光トランシーバ73にあっては、送信用導光部28の投光素子30側端部を奥に行くほど広くなるように傾斜を施した傾斜面74とし、その奥では奥に行くほど（光ファイバ側端面に近づくほど）狭くなるように緩やかな傾斜を施

した傾斜面75としている。このような傾斜面74を設けていると、図22に示すように傾斜面74で反射された光はクラッド層23と平行に近くなってNA（開口数）が小さくなるので、送信用導光部28から出て光ファイバ29の端面で反射した光が受信用導光部26へ戻りにくくなり、クロストークを低減させることができる。なお、図22では、送信用導光部28の上面だけに傾斜面74を設けているが、下面にも設けてもよく、両側面にも設けてもよい。

【0066】（第13の実施形態）図23（a）は本発明のさらに別な実施形態にかかる光学素子81の端面図、図23（b）は当該光学素子81に用いられている基板82の斜視図である。この実施形態では、図23

（b）に示すように、基板82の下面に直線状の溝83を成形し、基板82の上面に湾曲した溝84を成形し、溝83内に紫外線硬化樹脂等のコア材料を充填して送信用導光部85を形成し、溝84内に紫外線硬化樹脂等のコア材料を充填して受信用導光部86を形成している。

【0067】この光学素子81にあっても、光ファイバ側結合端面においては、送信用導光部85と受信用導光部86は基板82の薄肉部87によって分離されているので、光トランシーバとして用いる場合にはクロストークを防止することができる。また、基板82の表裏に送信用導光部85や受信用導光部86を形成するだけでよいので、製造も容易に行える。

【0068】（第14の実施形態）図24（a）（b）は本発明のさらに別な実施形態による光学素子91の平面図及び端面図である。この光学素子91では、光ファイバ側結合端面において、受信用導光部26と送信用導光部28を積層方向にずらしているため、クロストークを防止することができる。また、受信用導光部26、送信用導光部28は横方向に滑らかに湾曲しているので、効率を落とすことなく受信用導光部26の端と送信用導光部28の端の距離を稼ぐことができる。

【0069】図1に示したような構造では、Y字状に分岐しているためクロストークが起きるが、図24の光学素子91を用いた光トランシーバでは受信用導光部26と送信用導光部28を分離することでクロストークを防止している。また、図1のような構造では、屈曲部分の角度を大きくできないので、投光素子と受光素子の間を広げようとすれば、光トランシーバが大きくなり、あるいは屈曲部分の角度を大きくすると効率が低下するが、光学素子91を用いたトランシーバでは、徐々に湾曲させることで効率を低下させることなく受信用導光部26の端と送信用導光部28の端との距離を広くとることが可能になる。

【0070】（第15の実施形態）図25は本発明のさらに別な実施形態であって、2芯／1芯変換器101を表している。この2芯／1芯変換器101では、基板102、クラッド層103、基板104を積層一体化して

あり、基板102の上面には導光部105が形成され、基板104の下面には導光部106が形成されている。この導光部105及び導光部106は同じ光学的特性を有するものであって、光ファイバ29を接続される側の端面では、導光部105、106の端面はクラッド層103を介して積層方向に対向している。また光ファイバ29と反対側の端面でも、導光部105、106の端面にはそれぞれ光ファイバ107、108が結合されている。しかし、光ファイバ29から出射された光信号は、導光部105及び106内に入射し、それぞれ導光部105、106を伝播して光ファイバ107、108内へ入射する。よって、このような2芯／1芯変換器101によれば、光ファイバ29の光信号を2つの同じ光信号として光ファイバ107、108へ伝えることができる。

【0071】（第16の実施形態）図26は本発明のさらに別な実施形態による光学素子109の端面図である。この光学素子109では、受信用導光部26を形成された受信側基板22と送信用導光部28を形成された送信側基板24とを、クラッド層（接着剤）を介することなく貼り合わせ、光ファイバ側結合端面の近傍においては受信用導光部26の上面と送信用導光部28の下面とが直接密着している。ただし、送信用導光部28の屈折率は、受信用導光部26の屈折率よりも大きくなっている。また、受信側基板22及び送信側基板24の屈折率は、受信用導光部26の屈折率よりも小さくなっている。

【0072】光ファイバ29側の端部では、受信用導光部26と送信用導光部28が接触しているので、受信用導光部26から送信用導光部28へは受信信号が漏れる恐れはあるが、送信用導光部28の方が屈折率が大きいため、送信用導光部28から受信用導光部26へ送信信号が漏れるのは防止できる。従って、送信用導光部28の送信信号が受信用導光部26へ漏れてクロストークが起きるのを防止することができる。また、受信信号が受信用導光部26から送信用導光部28へ漏れるのは、受信信号の減衰になって効率が低下するが、この場合にはクロストークの問題は起きない。従って、受信用導光部26と送信用導光部28を直接接触させる場合でも光学素子109を光トランシーバとして用いたときのクロストークを防止することができる。

【0073】なお、この実施形態のように、受信用導光部26と送信用導光部28の端部が直接接触している場合においても、基板22A又は24Aのない構造としてもよい。

【0074】（第17の実施形態）図27（a）は本発明のさらに別な実施形態による光学素子111の斜視図である。この光学素子111にあっては、送信側基板24の上にクラッド層23を介して受信用導光部（コア）26のみが形成されている。送信側基板24は、基板2

4Aに形成された直線状の溝27にコア材料を充填させることによって基板24A内にテーパのついた送信用導光部28を形成したものである。受信用導光部26は基板表面に沿って曲線状に湾曲しており、光入射面で厚みが厚く、光出射面に向けて次第に厚みが薄くなるようにテーパを施されている。受信用導光部26の光入射面は、送信用導光部28の出射端面と基板に垂直な方向で対向しており、受信用導光部26の光出射面は、送信用導光部28の入射端面が位置している基板24Aの辺とは異なる辺に位置している。

【0075】受信用導光部26の端面と送信用導光部28の端面が基板に垂直な方向で対向している基板端面では、図27（b）に示すように、受信用導光部26の基板に垂直な方向の中心軸c1は、送信用導光部28の基板に垂直な方向の中心軸c2とほぼ一致するように配置されており、かつ、光ファイバ29の端面も、その基板に垂直な方向の中心軸c3が受信用導光部26及び送信用導光部28の中心軸c1、c2とほぼ一致するように接続されている。図27（b）では、c1とc2、c3はほぼ一致しているが、受信用導光部26の光ファイバ29に結合する光入射面（端面）の面積が光ファイバ29の端面の面積より十分大きく、光ファイバ29の端面が受信用導光部26の光入射面からはみ出なければ、c1はc2、c3からずれていても差し支えない。

【0076】この光学素子111にあっては、受信用導光部26は、下面を除けば空気がクラッド層となっているので、受信用導光部26における光の伝搬損失を小さくしながら受信用導光部26を大きく曲げることができる。

【0077】（第18の実施形態）図28は本発明のさらに別な実施形態による光学素子112の斜視図である。この光学素子112にあっては、送信用導光部28を埋め込まれた送信側基板24の上にクラッド層23を介して受信側基板22が積層されている。受信側基板22は、基板表面に沿って曲線状に湾曲した受信用導光部26と、空隙114を隔てて受信用導光部26の内周側及び外周側に配設されたランナー部113（成形時の樹脂の通り道）とから構成されている。受信用導光部26の一方端面は、送信用導光部28の一方端面と基板に垂直な方向で対向しており、受信用導光部26の他方端面は、送信用導光部28の他方端面が位置している基板24Aの辺とは異なる辺に位置している。

【0078】受信用導光部26及びランナー部113（受信側基板22）は、コア材料を用いて射出成形により一体に成形されたものであり、送信側基板24の上に貼り付けられる前（成形時）には、空隙114を介した受信用導光部26とランナー部113は、図外のランナー部分によってつながっている。この受信用導光部26及びランナー部113は、送信側基板24の上に接着された後、送信側基板24の不要部分と共に図外のランナー

部分を裁断され、受信用導光部 26 とランナー部 113 とを分離されている。

【0079】この光学素子 112 でも、受信用導光部 26 は、下面を除けば空気がクラッド層となっているので、受信用導光部 26 における光の伝搬損失を小さくしながら受信用導光部 26 を大きく曲げることができる。しかも、受信用導光部 26 及びランナー部 113 を送信側基板 24 の上に貼り付ける前には、微小な受信用導光部 26 をランナー部 113 と共に大きな部品として扱うことができるので、光学素子 112 の生産性を向上させることができる。また、ランナー部 113 をそのまま送信側基板 24 の上に残すようにしているので、不要なランナー部 113 を除去する工程を省略することができ、光学素子 112 のコストダウンを図ることができる。

【0080】なお、図 17 及び図 19 の実施形態も、ランナー部を基板上に残した実施形態といえる。

【0081】図 29 は上記光学素子 112 を用いた光トランシーバ 115 を示す斜視図である。この光トランシーバ 115 にあっては、光ファイバ接合側端面において、受信用導光部 26 及び送信用導光部 28 の重なり合っている端面に光ファイバ 29 の端面を接合し、受信用導光部 26 の他方端面に対向させて受光素子 31 を配設し、送信用導光部 28 の他方端面に対向させて投光素子 30 を配設している。

【0082】（第 19 の実施形態）図 30 は本発明のさらに別な実施形態による光学素子 116 の斜視図である。この光学素子 116 にあっては、送信用導光部 28 を埋め込まれた送信側基板 24 の上にクラッド層 23 を介して受信用導光部 26（受信側基板 22）を積層している。受信用導光部 26 は、コア材料により板状に形成されており、平面視では直交する直線状の 2 辺（光入射面 117、光出射面 118）と曲面（光反射面 119）によって囲まれたプリズム状となっている。さらに、受信用導光部 26 はくさび状に形成されており、受光信号の入射面（光入射面 117）で厚みが大きく、受光信号の入射面に対向する面に向かうに従って次第に厚みが薄くなっている。

【0083】図 31 は上記光学素子 116 を用いた光トランシーバ 120 を示す斜視図である。この光トランシーバ 120 にあっては、送信用導光部 28 の入射端面（面積の大きな側の端面）に対向させて投光素子 30 を配設し、受信用導光部 26 の光出射面 118 に対向させて受光素子 31 を配設している。

【0084】しかして、この光トランシーバ 120 にあっては、図 31 に示すように、投光素子 30 から出射された光は、送信用導光部 28 を伝搬して送信用導光部 28 の出射端面から光ファイバ 29 に入射し、光ファイバ 29 に結合される。逆に、光ファイバ 29 を伝搬してきて光ファイバ 29 の端面から出射された光は、光入射面 117 から受信用導光部 26 内に入り、板状をした受信

用導光部 26 の上面と下面との間で全反射を繰り返しながら受信用導光部 26 内を伝搬する。この途中で光が光反射面 119 に当たると、光反射面 119 に入射した光は光反射面 119 で全反射されて光の伝搬方向を約 90° 曲げられ、側面の光出射面 118 から外部へ出射して受光素子 31 により受光される。

【0085】また、送信用導光部 28 の出射端面と受信用導光部 26 の光入射面 117 とが重なり合っている領域では、図 32 に示すように、送信用導光部 28 の出射端面の、基板に垂直な中心線 c2 と光ファイバ 29 の端面の、基板に垂直な中心線 c3 とがほぼ一致するようにして光ファイバ 29 の端面が光学素子 116 に接続されている。この光学素子 116 では、受信用導光部 26 の光入射面が基板 24 A のほぼ全幅にわたっているため、前記のように送信用導光部 28 の出射端面における中心軸 c2 と光ファイバ 29 の端面における中心軸 c3 とを一致させておけばよく、受信用導光部 26 の中心軸 c1 にはあまり注意を払う必要が無く、図 32 のように受信用導光部 26 の中心軸 c1 は、送信用導光部 28 の出射端面の中心軸 c2 及び光ファイバ 29 の端面の中心軸 c3 から外れていてもよい。よって、光ファイバ 29 及び送信用導光部 28 の位置が、受信用導光部 26 の中心に限定されなくなり、光ファイバ 29 及び送信用導光部 28 の位置を受光素子 31 に対応する位置に合わせ易くなり、製造上の管理条件が緩和される。

【0086】（第 20 の実施形態）図 33 は本発明のさらに別な実施形態による光学素子 122 の斜視図である。この光学素子 122 にあっては、直線状をした送信用導光部 28 を埋め込まれた送信側基板 24 の上にクラッド層 23 を介して二股以上に分岐した例えば Y 形の受信用導光部 26 を積層し、送信用導光部 28 の出射端面と受信用導光部 26 の分岐していない光入射面とを基板に垂直な方向に対向させたものである。すなわち、受信用導光部 26 は下面を除いて空気クラッドとなっている。

【0087】このような光学素子 122 では、送信用導光部 28 の入射端面に投光素子 30 を配設し、受信用導光部 26 の分岐した光出射面に対向させて複数の受光素子を配設し、送信用導光部 28 と受信用導光部 26 の積層された端面に対向させて光ファイバを接続させることにより、光トランシーバとして用いることができる。しかして、投光素子 30 から出射された送信信号は送信用導光部 28 を通って光ファイバに入り、逆に、光ファイバから出射された受光信号は受信用導光部 26 に入り、受信用導光部 26 内で分岐して各受光素子により受光される。

【0088】（第 21 の実施形態）図 34 は本発明のさらに別な実施形態による光学素子 123 を示す断面図である。この光学素子 123 にあっては、受信側基板 22 の上に送信側基板 24 を積層してあり、少なくとも受信

用導光部 26 又は送信用導光部 28 に対応する箇所において送信側基板 24 の下面に凹部 124 を形成し、この凹部 124 によって空気クラッド層（分離層）125 を設けている。したがって、空気クラッド層 125 によって受信用導光部 26 と送信用導光部 28 間を分離して光の漏れを防止でき、光トランシーバなどとして用いた場合には、クロストークを防止することができる。

【0089】（第 22 の実施形態）図 35（a）（b）は本発明のさらに別な実施形態であって、光ピックアップのホログラムユニット 126 を示す断面図及びカバーガラスを除いた状態の平面図である。このホログラムユニット 126 にあっては、リードフレーム 127、128 を挿通されたベース 129 の上に支持台 130 を設け、支持台 130 の上に例えば図 30 のような光学素子 116 を、受信用導光部 26 の光入射面を上にして取り付け付けている。また、リードフレーム 127 に実装した受光素子 31 を受信用導光部 26 の光出射面に対向させ、リードフレーム 128 に実装した投光素子 30 を送信用導光部 28 の端面に対向させている。さらに、光学素子 116、投光素子 30 及び受光素子 31 は、開口にカバーガラス 131 を貼ったキャンケース 132 で覆われ、キャンケース 132 とベース 129 との間に封止されている。しかし、このホログラムユニット 126 によれば、投光素子 30 から出射された光を送信用導光部 28 を通じてホログラムユニット 126 から出射させることができ、またホログラムユニット 126 に戻ってきた光を受信用導光部 26 で捉えて受光素子 31 で受光させることができる。

【0090】（第 23 の実施形態）図 36 は本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバ 133 の断面図である。この光トランシーバ 133 では、ケース 134 内に図 30 のような光学素子 116 を設置してあり、光学素子 116 の送信用導光部 28 の端面に対向させるようにしてキャンパッケージタイプの投光素子 30 を実装し、受信用導光部 26 の受光面に対向させて受光素子 31 を実装している。また、光ファイバ 29 の被覆を剥がして露出させたファイバ芯線 135 をケース 134 のスリーブ 136 に挿通させてファイバ芯線 135 の端面を受信用導光部 26 及び送信用導光部 28 の端面に結合させている。しかし、この光トランシーバ 133 によっても、内部の投光素子 30 及び受光素子 31 を光学素子 116 を介して光ファイバ 29 に結合させることができる。

【0091】（第 24 の実施形態）図 37 は本発明にかかる光学素子 21A を用いたコネクタ 137 の斜視図、図 38 はその断面図である。ここに示したコネクタ 137 にあっては、例えば第 1 の実施形態で説明したような光学素子 21A を用いている。すなわち、光学素子 21A 内の送信用導光路 28 は、テーパ状に形成されており、送信用導光路 28 の面積が小さな側の端面と受信用

導光路 26 の一方端面とがクラッド層 23 を介して積層方向で重ね合わせられている。この送信用導光路 28 と受信用導光路 26 が重ね合わせられた側において、光学素子 21A には 1 本のファイバ伝送線 138 が接続されている。ファイバ伝送線 138 は、プラスチック製の光ファイバ 139 を被覆 142 により覆ったものであり、被覆 142 を剥がして露出させた光ファイバ 139 の先端端面が送信用導光路 28 及び受信用導光路 26 の端面に突き合わせられている。

【0092】また、送信用導光路 28 の面積が大きな側の端面には、当該端面よりも断面積が小さな光ファイバ 140 の端面が接続され、受信用導光路 26 の他方端面には、当該端面よりも断面積が大きな光ファイバ 141 の端面が接続されている。光ファイバ 140 及び 141 の外周面は、スリーブ材 143 によって被覆されており、光ファイバ 140 及び 141 の端面はスリーブ材 143 から露出している。また、スリーブ材 143 には凹部 144 が設けられており、光学素子 21A の端部を当該凹部 144 にはめ込むことによってスリーブ材 143、ひいては光ファイバ 140 及び 141 の端部を光学素子 21A に対して位置決めしている。

【0093】さらに、光学素子 21A、ファイバ伝送線 138 の先端部、スリーブ材 143 の一部は樹脂被覆部 145 によって覆われており、樹脂被覆部 145 の先端面からはスリーブ材 143 の先端部が突出し、その先端には光ファイバ 140 及び 141 の端面が露出している。また、樹脂被覆部 145 の先端部には、対応するコネクタと機械的に嵌合させるための嵌合部 146 が設けられている。

【0094】図 39 は上記コネクタ 137 を 1 芯のファイバ伝送線 138 の両端に設けた接続コード（ケーブル）147 を表わしている。この接続コード 147 は、2 つの個別の機器に設けられた光トランシーバ 148、149 間を接続するために用いられており、一方のコネクタ 137（A）を光トランシーバ 148（もしくは、光トランシーバ 148 が設けられている機器）に設けられたコネクタ（図示せず）に接続し、他方のコネクタ 137（B）を光トランシーバ 149 に設けられたコネクタ（図示せず）に接続している。しかし、光トランシーバ 148 の投光素子 150 から送信された光信号はコネクタ 137（A）によってファイバ伝送線 138 に結合され、ファイバ伝送線 138 内を伝搬してコネクタ 137（B）に達し、コネクタ 137（B）から光トランシーバ 149 の受光素子 153 に受光される。逆に、光トランシーバ 149 の投光素子 152 から送信された光信号はコネクタ 137（B）によってファイバ伝送線 138 に結合され、ファイバ伝送線 138 内を伝搬してコネクタ 137（A）に達し、コネクタ 137（A）から光トランシーバ 148 の受光素子 151 に受光される。

【0095】従来のコネクタ 154 にあっては、図 40



(b) に示すように、2本のファイバ伝送線155の被覆を剥がして光ファイバ156の先端を露出させ、両光ファイバ156の先端部をスリーブ材157で覆い、さらに樹脂被覆部158で覆っている。そして、図40(a)に示すように、このコネクタ154を2本のファイバ伝送線155の両端に設けた2芯の接続コード159で光トランシーバ148、149間を接続している。すなわち、一方のファイバ伝送線155で光トランシーバ148の投光素子150と光トランシーバ149の受光素子153を直接に接続し、他方のファイバ伝送線155で光トランシーバ149の投光素子152と光トランシーバ148の受光素子151を直接に接続している。

【0096】従って、投光素子と受光素子を有する光トランシーバ148、149どうしを接続する場合、従来の方法では、2芯の接続コード159を必要とするのに対し、本発明のコネクタ137を用いれば、1芯のファイバ伝送線138によって接続することができるので、接続コード147のコストを安価にすることができる。また、不要時に巻き取って保管しておく場合でも高張らない。

【0097】なお、上記光トランシーバ148、149において、投光素子及び受光素子とコネクタとの間が2本の光ファイバによりそれぞれ結ばれている場合には、このコネクタ137は2芯／1芯変換アダプタにもなっている。

【0098】図41は、1芯のファイバ伝送線138の一端に上記のようなコネクタ137を設け、他端に光トランシーバ161(例えば、図4に示したような光トランシーバ)を設けた接続コード160を示している。このような構成にすれば、ファイバ伝送線138の一方でコネクタ137が不要となり、コストをより安価にできる。しかも、一方のコネクタ137を光トランシーバ149に接続することにより、光トランシーバ161の投光素子162及び受光素子163と光トランシーバ149の受光素子153及び投光素子152との間で双方向通信を行なうことができ、また、コネクタ137を光トランシーバ149から外すことによって光トランシーバ161、149どうしを切り離すこともできる。

【0099】(第25の実施形態)図42は2芯の接続コード159を1芯の接続コードにつなぐための2芯／1芯変換アダプタ164を一端に設けた1芯の接続コード165を示している。2芯接続コード159の端に設けられているコネクタ154は、図40(b)に示したものと同一のものである。1芯接続コード165の端に設けられている2芯／1芯変換アダプタ164は、図38に示したコネクタとほぼ同様な構造を有しているが、コネクタ154と接続するため、コネクタ154の先端部を挿入させるための凹部166と光ファイバ156の先端部を挿入させるための孔167を備えており、コネクタ

154を凹部166に挿入してコネクタ154と2芯／1芯変換アダプタ164とを接続したときにコネクタ154の光ファイバ156の先端面と2芯／1芯変換アダプタ164の光ファイバ140、141の先端面とが突き合わされるようになっている。

【0100】よって、このような2芯／1芯変換アダプタ164を用いることにより、2芯の接続コード159を1芯の接続コード165に変換して、1芯の接続コード165によって光信号を双方向通信させることができる。

【0101】なお、上記コネクタや2芯／1芯変換アダプタにおいては、光ファイバ140、141は無くてもよい。コネクタや2芯／1芯変換アダプタに光ファイバ140、141の代わりに投光素子や受光素子を配置してもよく、あるいは、光ファイバ140、141の代わりに相手側コネクタ等の光ファイバが光導波回路の端面に突き合わされるようにしてもよい。

【0102】

【発明の効果】本発明の光学素子によれば、光利用効率を損ねることなく、異なる導光部間における信号の干渉を防止することができる。特に、光トランシーバの場合には、クロストークを防止することができる。しかも、積層構造とすることで構造を簡単にし、製造工程を簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光トランシーバの構造を示す斜視図である。

【図2】同上の光トランシーバの作用説明図である。

【図3】従来の別な光トランシーバの構造を示す概略図である。

【図4】本発明の一実施形態による光トランシーバの使用状態を示す斜視図である。

【図5】同上の光トランシーバに用いられている光学素子の分解斜視図である。

【図6】(a)は同上の光トランシーバの投受光側端面を示す図、(b)は光ファイバ結合側端面を示す図である。

【図7】(a)は光ファイバ側結合端面における受信用導光部と送信用導光部の配置を示す図、(b)は受信用導光部と送信用導光部の配置を説明するための比較図、(c)は埋め込み型の光トランシーバにおける受信用導光部と送信用導光部の配置を示す図である。

【図8】図7(a)とは別な状況における受信用導光部の端面と、送信用導光部の端面と、光ファイバの端面との位置関係を説明する図である。

【図9】図4の光トランシーバの製造方法を説明する概略図である。

【図10】本発明の別な実施形態による光トランシーバを示す斜視図である。

【図11】本発明のさらに別な実施形態による光トラン



シーバを示す斜視図である。

【図12】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す断面図である。

【図13】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す斜視図及び水平断面図である。

【図14】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図15】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図16】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図17】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図18】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図19】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバを示す平面図である。

【図20】(a)は本発明のさらに別な実施形態であって、投光素子から出射される光のビーム形状とその向きを表している。(b)は比較のための説明図である。

【図21】図20(a)のような配置を実現するのに好適な実装形態を示す図である。

【図22】本発明のさらに別な実施形態にかかる光トランシーバを模式的に表現した図である。

【図23】(a)は本発明のさらに別な実施形態にかかる光学素子の端面図、(b)は当該光学素子に用いられている基板の斜視図である。

【図24】(a)(b)は本発明のさらに別な実施形態による光学素子の平面図及び端面図である。

【図25】(a)(b)本発明のさらに別な実施形態であって、2芯／1芯変換器を表わした平面図及び概略断面図である。

【図26】本発明のさらに別な実施形態による光学素子の端面図である。

【図27】(a)(b)は本発明のさらに別な実施形態による光学素子の斜視図及び正面図である。

【図28】本発明のさらに別な実施形態による光学素子の斜視図である。

【図29】同上の光学素子を用いた光トランシーバを示す斜視図である。

【図30】本発明のさらに別な実施形態による光学素子の斜視図である。

【図31】同上の光学素子を用いた光トランシーバを示す斜視図である。

【図32】同上の光トランシーバにおける受信用導光部の端面と、送信用導光部の端面と、光ファイバの端面との位置関係を説明する図である。

【図33】本発明のさらに別な実施形態による光学素子の斜視図である。

【図34】本発明のさらに別な実施形態による光学素子を示す断面図である。

【図35】本発明のさらに別な実施形態であって、(a)は光ピックアップのホログラムユニットを示す断面図、(b)はカバーガラスを除いた状態の平面図である。

【図36】本発明のさらに別な実施形態による光トランシーバの断面図である。

【図37】本発明にかかる光学素子を用いたコネクタの斜視図である。

【図38】同上のコネクタの拡大断面図である。

【図39】同上のコネクタを両端に備えた1芯の接続コードにより2つの機器の光トランシーバ間をつないだ様子を説明する図である。

【図40】(a)は2つの機器の光トランシーバ間をつなぐ従来の2芯接続コードの構成を示す概略図、(b)は従来の接続コードに用いられているコネクタの断面図である。

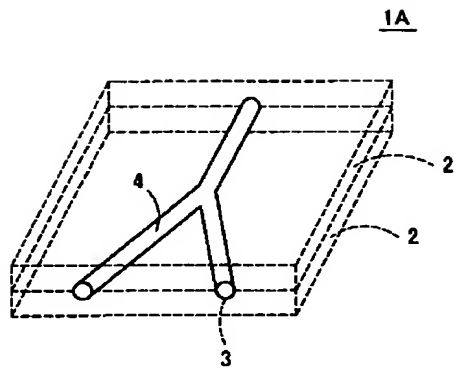
【図41】一端に光トランシーバを備え、他端にコネクタを備えた1芯の接続コードを示す概略図である。

【図42】2芯／1芯変換アダプタを一端に備えた1芯接続コードを示す断面図である。

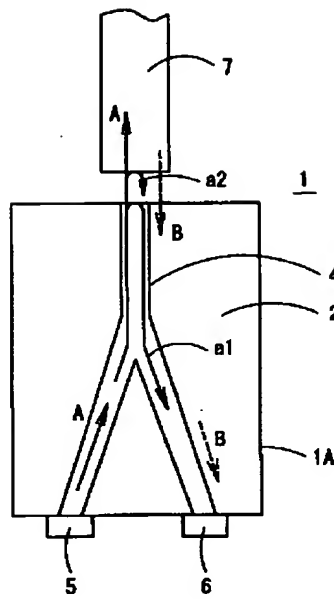
#### 【符号の説明】

21	光トランシーバ
22	受信側基板
23	クラッド層
24	送信側基板
25	溝
26	受信用導光部
27	溝
28	送信用導光部
29	光ファイバ
30	投光素子
31	受光素子

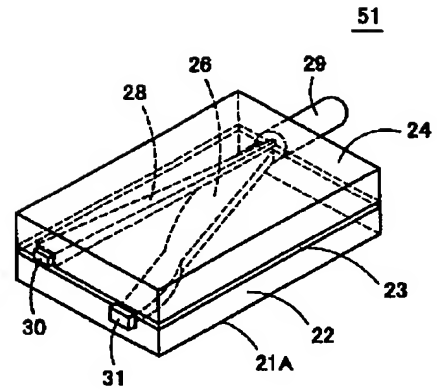
【図1】



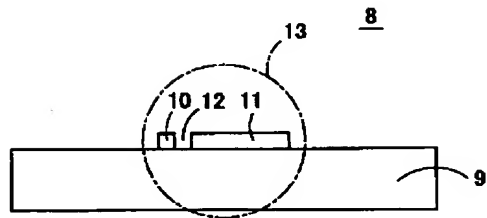
【図2】



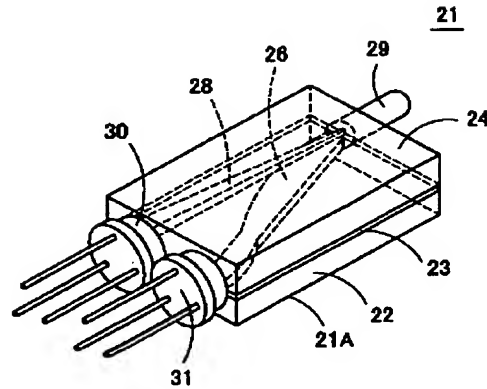
【図10】



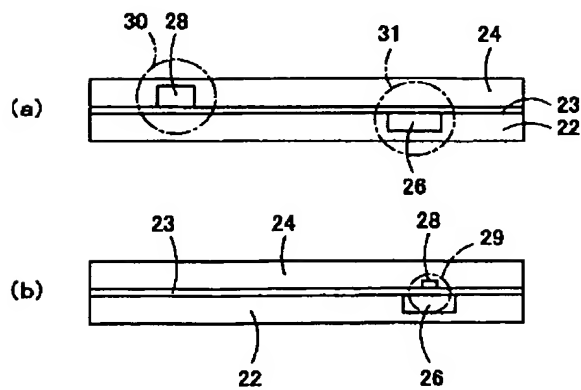
【図3】



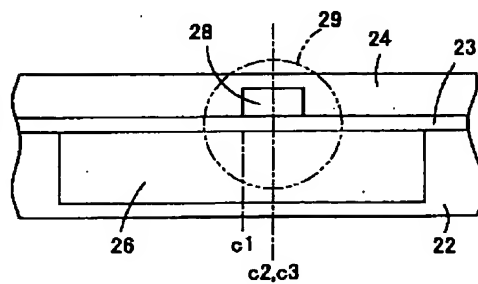
【図4】



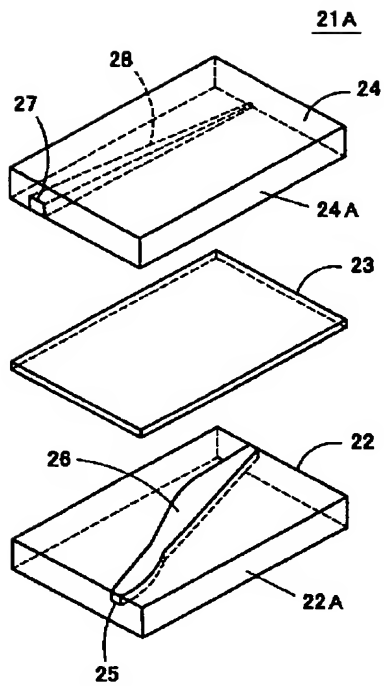
【図6】



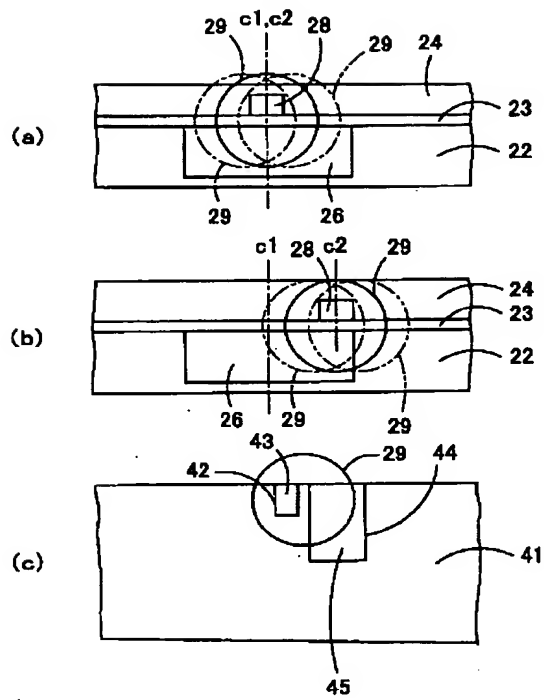
【図8】



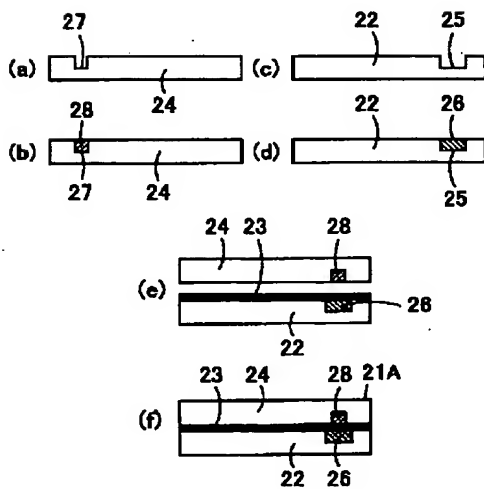
【図 5】



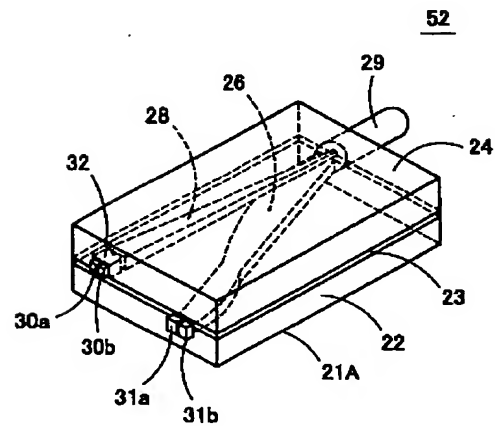
【図 7】



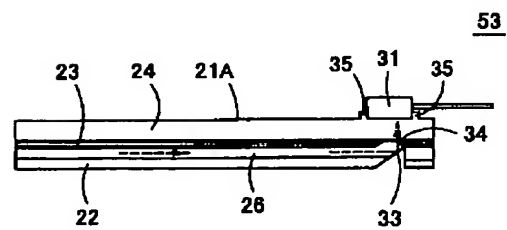
【図 9】



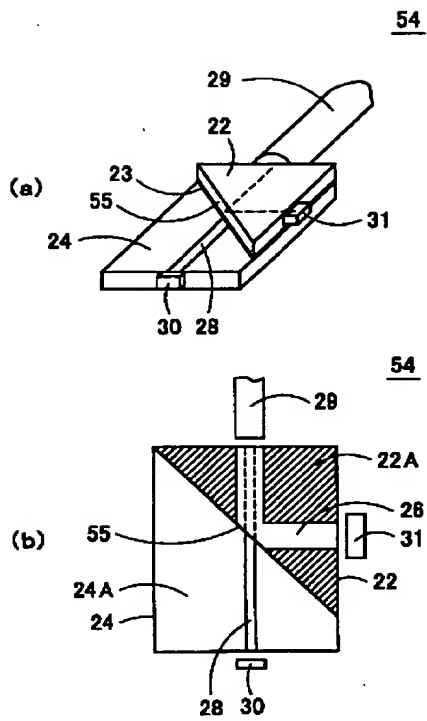
【図 11】



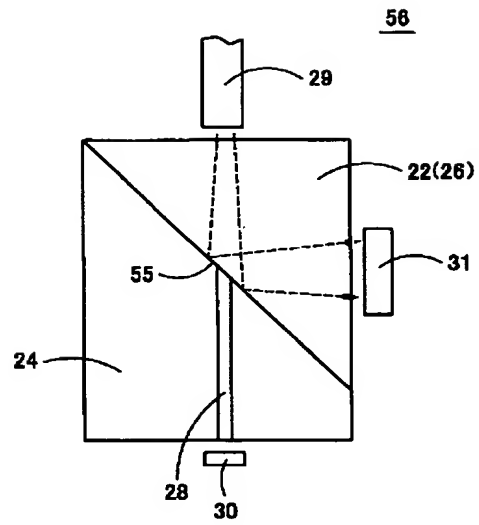
【図 12】



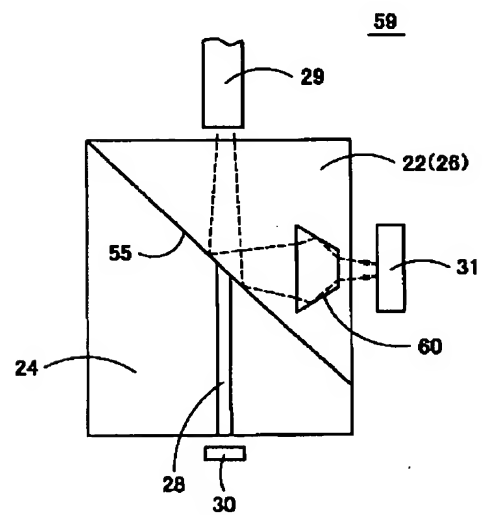
【図 13】



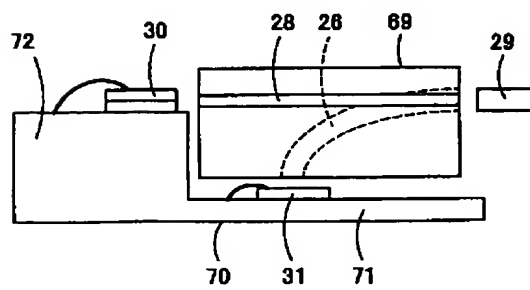
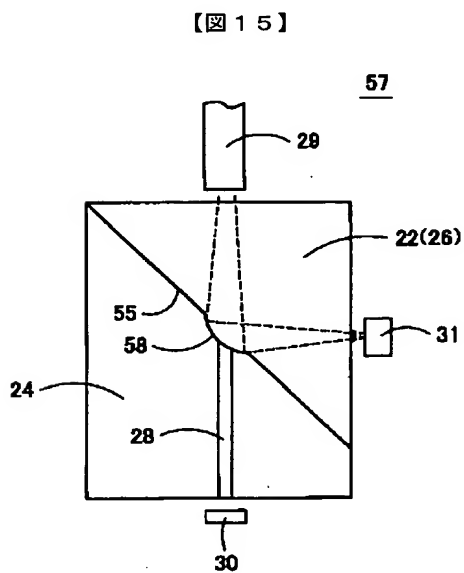
【図 14】



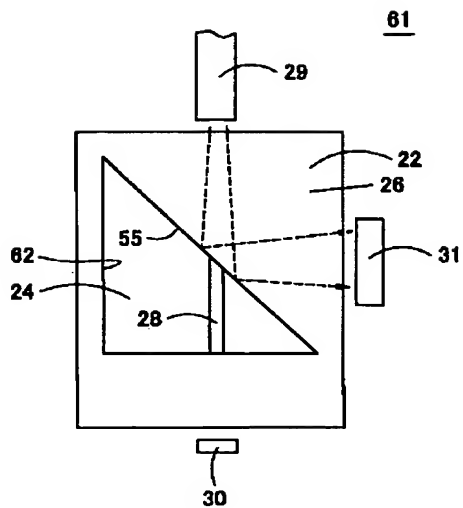
【図 16】



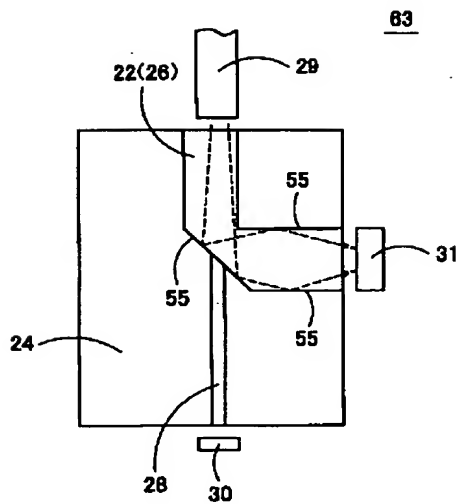
【図 21】



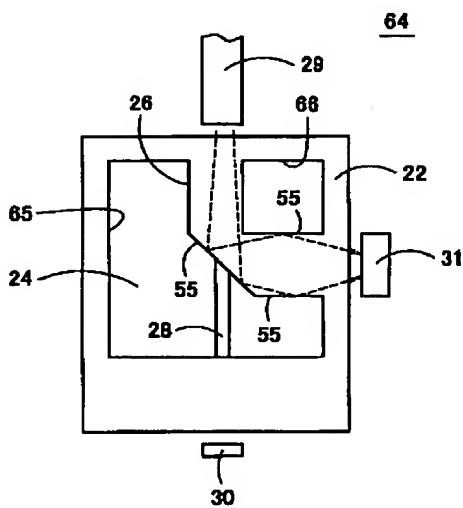
【図 17】



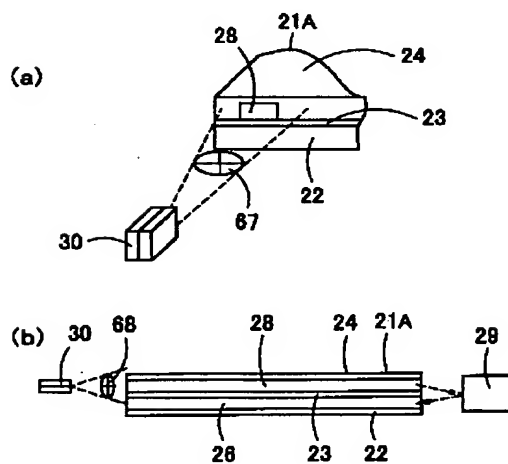
【図 18】



【図 19】

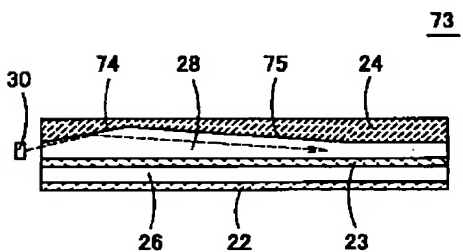


【図 20】

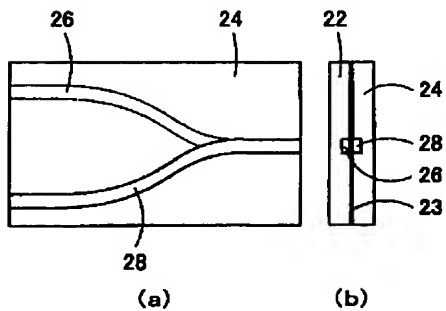


【図 24】

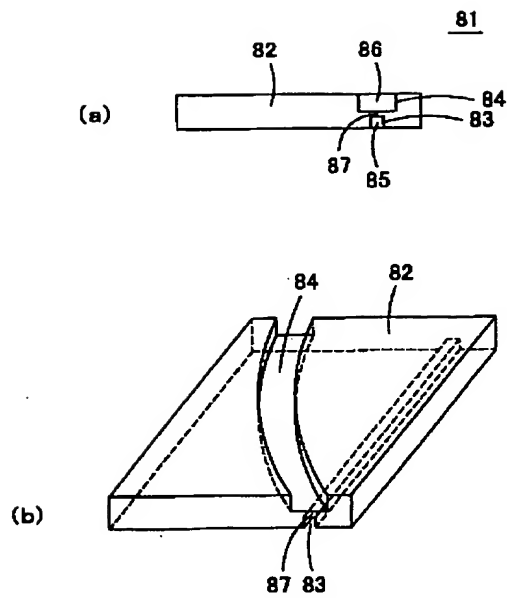
【図 22】



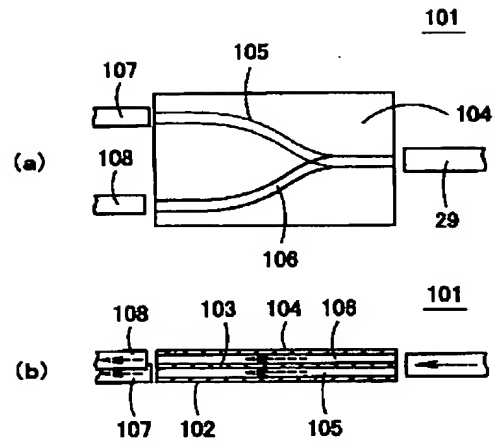
91



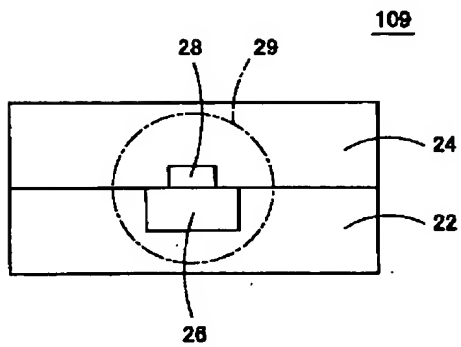
【図23】



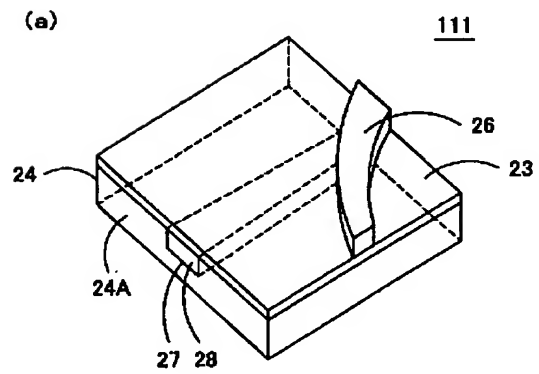
【図25】



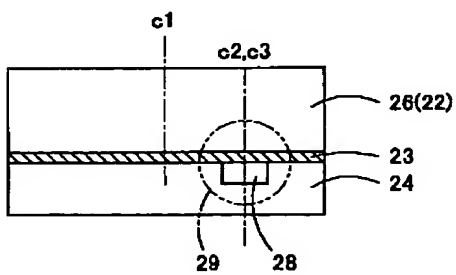
【図26】



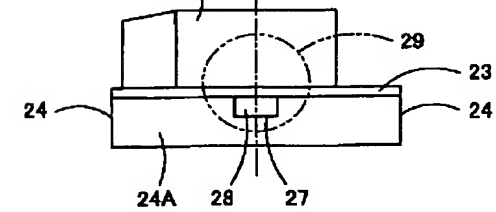
【図27】



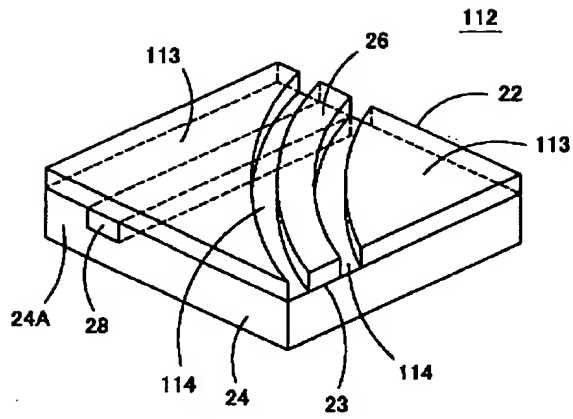
【図32】



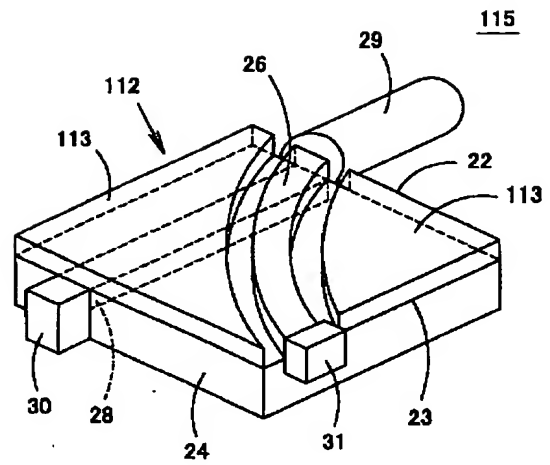
【図32】



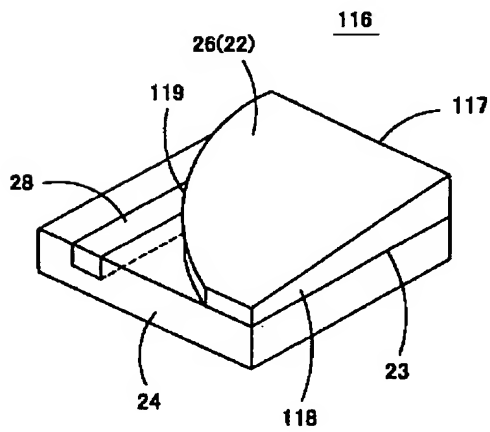
【図 28】



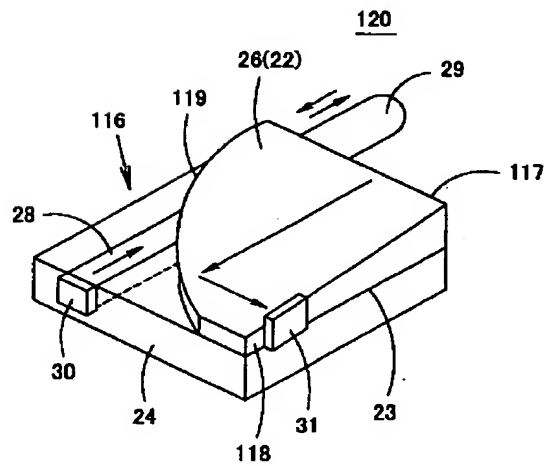
【図 29】



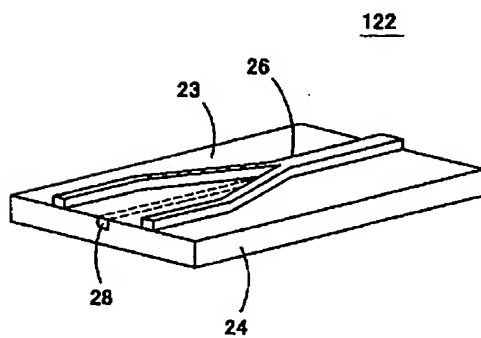
【図 30】



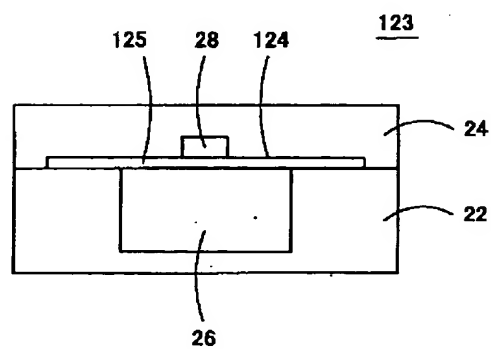
【図 31】



【図 33】

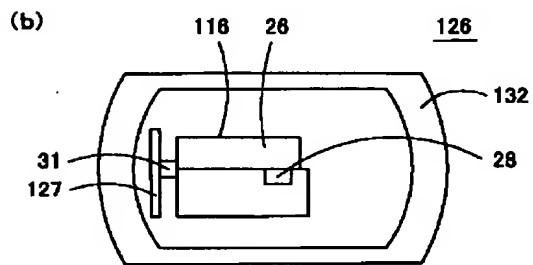
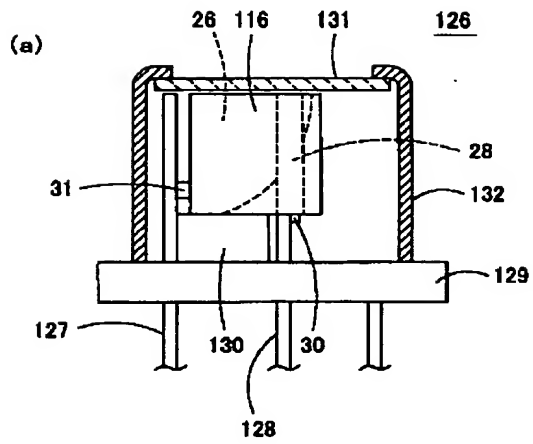


【図 34】

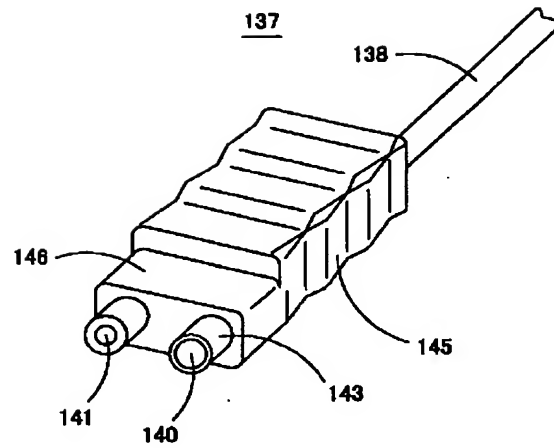




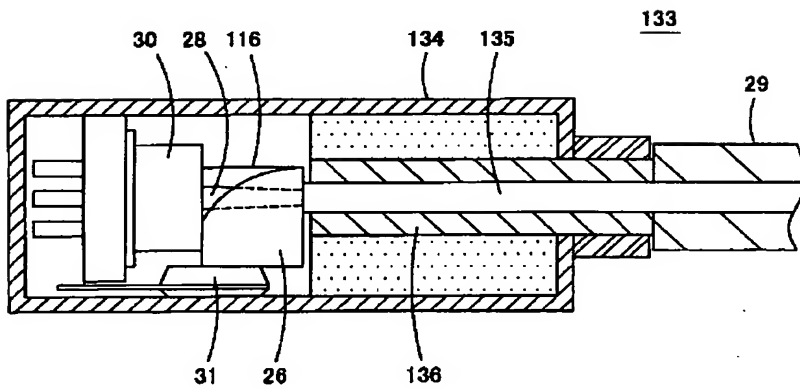
【図35】



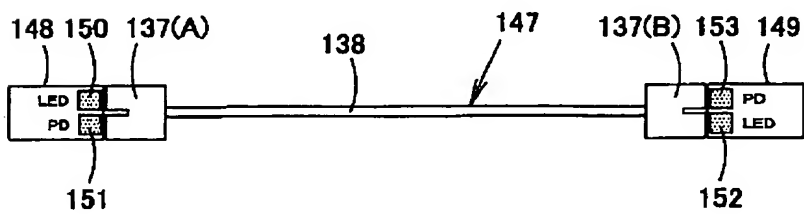
【図37】



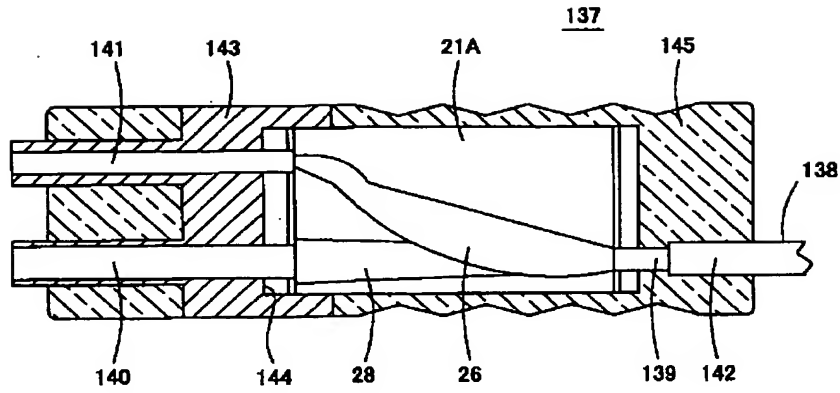
【図36】



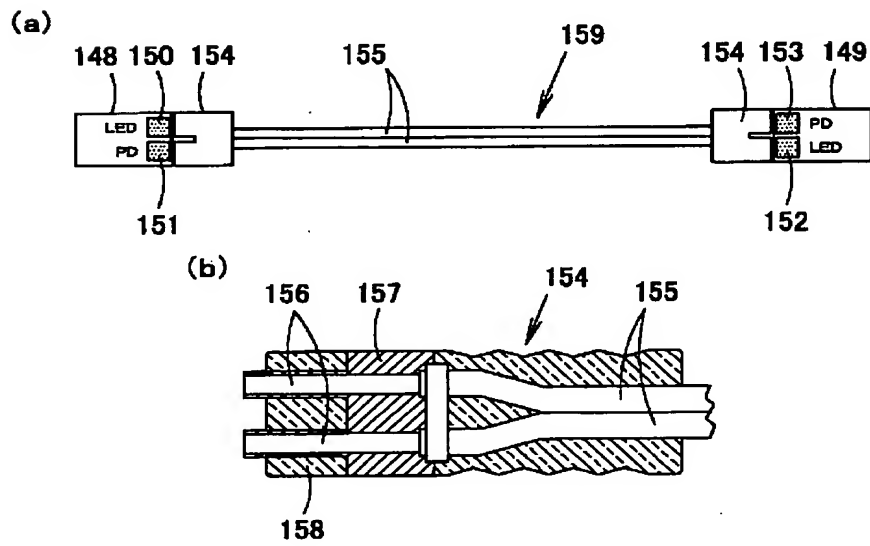
【図39】



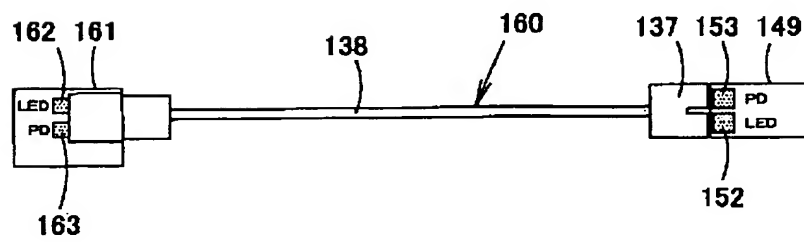
【図 38】



【図 40】



【図 41】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**